

DOCUMENTOS

174

Uma Proposta de Representação dos Dados Necessários para a Classificação de Solos do Brasil



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

DOCUMENTOS 174

Uma Proposta de Representação dos Dados Necessários para a Classificação de Solos do Brasil

*Glauber José Vaz
Luís de França da Silva Neto*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informática Agropecuária

Av. Dr. André Tosello, 209 - Cidade Universitária
Campinas, SP, Brasil
CEP. 13083-886
Fone: (19) 3211-5700
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Stanley Robson de Medeiros Oliveira

Secretário-Executivo

Carla Cristiane Osawa

Membros

Adriana Farah Gonzalez, membro nato, Alexandre de Castro, membro indicado, Carla Cristiane Osawa, membro nato, Debora Pignatari Drucker, membro eleito, Ivan Mazoni, membro eleito, João Camargo Neto, membro indicado, João Francisco Gonçalves Antunes, membro eleito, Magda Cruciol, membro nato.

Supervisão editorial

Kleber Xavier Sampaio de Souza

Revisão de texto

Adriana Farah Gonzalez

Normalização bibliográfica

Carla Cristiane Osawa

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Mariana Pilatti sob supervisão de Magda Cruciol

Foto da capa

Ronaldo Rosa, com arte de Mariana Pilatti

1ª edição

Publicação digital - PDF (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informática Agropecuária

Vaz, Glauber José,

Uma proposta de representação dos dados necessários para a classificação de solos do Brasil / Glauber José Vaz, Luís de França da Silva Neto. - Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2021.

PDF (56p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária, ISSN 1677-9274 ; 174).

1. Classificação de solos. 2. Solos brasileiros. 3. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4. Representação de dados de solos. 5. JSON. I. Silva Neto, Luís de França da. II. Título. III. Embrapa Informática Agropecuária. IV. Série.

CDD (21. ed.) 631.44

Autores

Glauber José Vaz

Cientista da computação, mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Luís de França da Silva Neto,

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Apresentação

A tomada de decisões relativas ao uso do solo no Brasil depende em grande medida dos dados de solos disponíveis e de sua qualidade. No entanto, ainda há importantes lacunas relativas a esse tema e é por isso que iniciativas como o Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos) estão sendo conduzidas não só em nível nacional como também no âmbito internacional.

Um dos desafios nessa área é a padronização de dados para seu adequado armazenamento e intercâmbio. Este trabalho tem o objetivo de auxiliar no avanço desse tema propondo uma nova representação de dados de solos do Brasil, especialmente no conjunto de dados necessários para a correta classificação de solos.

Embora essa proposta possa ser expandida para um conjunto maior de dados relativos a solos, este trabalho direciona esforços naqueles envolvidos com sua classificação, uma vez que os autores se envolveram nesse problema específico da área e o atacaram desenvolvendo um sistema especialista para a classificação automática de solos em função dos dados disponíveis de perfis de solos brasileiros. Portanto, a necessidade de uma padronização dos dados para possibilitar seu processamento computacional e seu maior aproveitamento foi observada a partir do uso desses dados em um sistema computacional complexo.

O projeto SmartSolos teve como um de seus objetivos desenvolver esse sistema especialista de classificação de solos. Em função disso, foi possível verificar que os dados de solos necessitam de ampla curadoria e que uma representação de dados padronizada facilita muito este esforço ao viabilizar a construção de ferramentas digitais para apoiar este trabalho e, assim, impulsionar a qualidade dos dados de solos do Brasil.

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá

Chefe-Geral

Sumário

1. Introdução	9
2. Metodologia.....	10
3. Proposta de representação de dados	10
4. Conclusões.....	39
5. Referências.....	39
6. Anexo 1: JSON Schema completo da proposta.....	41
7. Anexo 2: Exemplo de arquivo JSON com um perfil de solo hipotético.....	52
8. Anexo 3: Código em Python de programa que checa a validade do perfil de solo.....	56

1. Introdução

A insuficiência de informações e a dificuldade de acesso a dados de solos comprometem desde o planejamento até o monitoramento de políticas públicas para o uso sustentável da terra em atividades agropecuárias e florestais no Brasil. Devido à necessidade urgente de ampliação do conhecimento sobre os recursos de solo do Brasil, foi elaborado o Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos), cujos principais objetivos são a retomada da realização dos levantamentos pedológicos em caráter multiescalar e respectivas interpretações, de forma contínua, e o estabelecimento de uma base de dados integrada, na qual as informações de solos provenientes de trabalhos anteriores e as que vierem a ser produzidas estejam organizadas e sistematizadas para consulta do público em geral (Polidoro et al., 2016).

Os cinco principais eixos de atuação do PronaSolos são: a) gestão do PronaSolos; b) levantamento de solos e interpretações; c) base de dados e informação de solos; d) treinamento e capacitação em solos e e) transferência de tecnologia e comunicação. Os principais objetivos do eixo referente à base de dados e informação de solos, foco deste trabalho, são a ampliação e atualização da base de dados de solos, além da compatibilização e conexão das bases já existentes (Polidoro et al., 2016).

No contexto internacional, a situação não é diferente. A *Global Soil Partnership* (GSP) foi estabelecida para melhorar a governança e promover a gestão sustentável de solos. Para alcançar seus objetivos, a GSP definiu cinco principais pilares de ação relacionados a: a) gestão do solo; b) sensibilização; c) pesquisa; d) informação e dados; e e) harmonização (FAO, 2021). Este trabalho está relacionado ao quarto pilar: incremento da quantidade e da qualidade de dados e informações de solos.

O Brasil apresenta características de solos muito particulares, a ponto de motivar a criação de um sistema de classificação de solos próprio, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2018). A forma de coletar e analisar amostras de solo no País é bem consolidada e são descritas em obras amplamente aceitas pela comunidade, como o “Manual de descrição e coleta de solo no campo” (Santos et al., 2015) e o “Guia prático de campo”, do IBGE (2015), mas não há um sistema computacional único que reúna esses dados de solos disponíveis em formato digital.

Há iniciativas que procuram fazer isso, como o Sistema de Informação de Solos Brasileiros, da Embrapa (2021), o febr (Samuel-Rosa et al., 2018) e o Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA), do IBGE (2021). Embora estes sistemas visem à disponibilização de sistemas de informação e dados relacionados aos levantamentos de solos realizados no País, eles utilizam estruturas diferentes para representar os dados, o que impede também uma maior integração entre essas iniciativas. Por exemplo, ao acessar essas bases de dados, é muito comum que atributos presentes em uma delas estejam ausentes em outras, ou que a representação de certa informação em determinada base seja diferente da representação nas demais. Assim, não é trivial importar os dados de uma base para alimentar outra, uma vez que normalmente estas operações exigem um processamento mais complexo de conversões e também acarretam ocorrência frequente de dados faltantes. Por isso, o PronaSolos visa a compatibilizar e conectar as bases já existentes.

Portanto, este trabalho tem por objetivo propor uma representação de dados de solos de maneira a facilitar a interoperabilidade de sistemas e o processamento computacional desses dados. Assim, pode contribuir muito nos trabalhos que o PronaSolos está para desenvolver nos próximos anos.

Este trabalho apenas propõe um esquema de dados que pode ser aceito ou não pela comunidade de Ciência de Solos. No entanto, foi fundamentado em experiência relevante de desenvolvimento

de uma aplicação real em que todos os dados necessários para a classificação de solos foram considerados. É importante destacar que a representação proposta neste documento visa principalmente à classificação de solos. Então, os especialistas do domínio podem identificar a ausência de informações que são importantes para a tomada de decisões que envolvem dados de solos em outros contextos.

2. Metodologia

JavaScript Object Notation (JSON) é um formato leve para intercâmbio de dados, que é fácil de ser lido por humanos e de ser analisado e gerado por máquinas. Baseado em um subconjunto da linguagem JavaScript, é um formato texto independente da linguagem de programação. JSON é construído com estruturas de lista ordenada de valores e de pares incluindo nome e valor (Introducing..., 1999).

Para anotar e validar documentos JSON, pode ser utilizado o JSON Schema. Esta ferramenta oferece uma forma padronizada de descrever formatos de dados, uma documentação que pode ser lida por humanos e máquinas e ainda uma maneira de validar dados com testes automáticos e garantindo a qualidade de dados (JSON..., 2021). JSON Schema define um formato baseado em JSON para descrever a estrutura de dados em JSON. Estabelece como um documento deve se apresentar, maneiras de extrair informações dele e como interagir com ele (Wright et al., 2019).

As *Application Programming Interface* (APIs) web desempenham um papel fundamental no contexto de transformação digital, em que processos de negócios e setores inteiros, inclusive na agricultura, serão transformados pelas tecnologias digitais e seus impactos na sociedade (Demirkan et al., 2016). É comum que estas APIs utilizem dados de entrada ou de saída no formato JSON. Para o caso de solos, um exemplo de aplicação é apresentado por Vaz et al. (2019). Uma API para a classificação de solos do Brasil recebe como entrada um arquivo em formato JSON com todos os dados relevantes para a classificação de solos e uma resposta é retornada com sua classificação nos quatro primeiros níveis categóricos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Para que os sistemas computacionais baseados nestes dados funcionem corretamente, esses dados precisam ser padronizados, de maneira que as APIs possam interpretá-los. Uma maneira de especificar o formato destes dados é por meio do fornecimento de uma documentação JSON Schema. Portanto, o presente trabalho propõe uma representação de dados de solos fornecendo uma especificação em JSON Schema.

3. Proposta de representação de dados

Neste trabalho são especificados todos os campos necessários para se realizar a classificação de solos de acordo com o SiBCS. O ponto de partida adotado é a estrutura utilizada pelo BDIA, que é uma das bases de dados de maior qualidade para se obter perfis de solos do Brasil e suas respectivas classificações.

A nomenclatura utilizada para os campos em bancos de dados não é o mais relevante neste trabalho. O principal objetivo é propor uma representação de dados de solos do Brasil para seu armazenamento e sua troca entre diferentes sistemas computacionais. Além de detalhar os campos necessários, são identificados os tipos de dados e valores aceitos para cada campo. Apesar de não visar a determinação de um modelo de banco de dados, a representação aqui proposta pode con-

tribuir bastante nessa modelagem nos sistemas de solos de maneira a possibilitar um intercâmbio de dados mais simples.

Em comparação aos campos que normalmente são encontrados em bancos de dados de solos, este trabalho sugere, principalmente, as seguintes mudanças:

- a) Criação de campos booleanos (True/False) para identificar algumas características que estavam presentes no corpo do texto de campos mais gerais ou que não estavam presentes. Pode ser feito com simples campos booleanos, por exemplo, o registro de informações como a presença de caráter flúvico, retrátil ou sômblico, ou de materiais primários alteráveis.
- b) Eliminação de campos redundantes com valores que podem ser computados a partir de outros atributos. Por exemplo, algumas bases de dados armazenam valores para relação silte/argila, valor S ou valor T, mas estes dados podem ser facilmente calculados a partir de outros atributos que já são fornecidos. Portanto, não precisam estar explicitamente representados.
- c) Desmembramento de campos em outros mais específicos com regras de validação mais estritas. Por exemplo, cores são comumente representadas por valores textuais, mas são melhor representadas se fornecidas por valores separados para matiz, croma e valor.
- d) Uso de listas para campos que podem conter mais de uma ocorrência de determinada informação. Por exemplo, a quantidade de mosqueados ou de estruturas em determinado horizonte pode variar. Assim, estes dados podem ser representados por meio de listas de mosqueados ou de estruturas.
- e) Transformação de campos do tipo texto livre para categóricos, delimitando-se um conjunto de valores válidos. Nestes casos, algumas convenções foram adotadas, como o uso de palavras com todas as letras minúsculas, sem acentos, no singular e, para adjetivos, no masculino. Termos que levam hífen o mantêm. Termos formados por múltiplas palavras utilizam um espaço em branco para separá-las.
- f) Inclusão de registro sobre a ausência de determinadas propriedades. Nos casos em que não ocorre determinada propriedade, o pedólogo normalmente apenas não registra a informação, mas muitas vezes é importante registrar sua ausência ao invés de não fazer registro algum. Assim o valor “ausente” foi acrescentado às possibilidades já existentes. Por exemplo, a ficha do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para Cascalho, apresenta as opções para pouco cascalhenta, cascalhenta ou muito cascalhenta. Uma possibilidade para ausência de cascalho foi adicionada. Assim, distingue-se a situação em que a informação não é registrada da que se atesta a ausência de cascalho.
- g) Consideração de que dados não registrados não foram observados. Quando um dado não aparece no arquivo, significa que ele não foi levantado. Esta situação é muito comum. Por exemplo, há campos específicos para a identificação da cor quando o solo está úmido e amassado ou seco e triturado. Há campos para mosqueados e para variações mínimas e máximas dos limites superiores ou inferiores dos horizontes para situações em que a transição não é plana. Em todos estes casos e em muitos outros, o registro dos dados é opcional. A ausência deles representa que não foram verificados.

A especificação segue um padrão estabelecido conforme exibido na Figura 1. O esquema, que descreve toda a estrutura de dados, conta com vários elementos. A palavra-chave “\$schema” indica que este arquivo contém uma definição de JSON Schema e seu valor representa a versão do JSON Schema utilizado. A propriedade “\$id” tem o valor de um identificador único para o esquema. Ainda há duas anotações para fornecer um título e uma descrição para o esquema. Após esses dados iniciais, é possível estabelecer definições de estruturas de dados complexas formadas pela combinação de vários elementos. Neste caso, foram utilizadas estruturas para representar perfil, horizonte e outros elementos. A seção “properties” contém os atributos que podem ser de tipos simples de dados, como inteiros ou strings, listas ou de tipos definidos na seção “definitions”. Nesta representação, um único arquivo pode envolver vários perfis. Por isso seu único atributo “PERFIS” é uma lista (“array”) de perfis, em que cada perfil é representado por uma estrutura complexa definida e que é explicada mais adiante.

```
{
  "$schema": "http://json-schema.org/draft-07/schema#",
  "$id": "http://embrapa.br/schemas/soil_profile.json",
  "title": "Schema for brazilian soil data",
  "description": "Data standard for brazilian soil data",

  "definitions": {
    "perfil": ...
    "horizonte": ...
    "limite": ...
    "cor": ...
    "mosqueado": ...
    "estrutura": ...
    :
  },
  "properties": {
    "PERFIS": {
      "description": "Lista de perfis",
      "type": "array",
      "items": {
        "$ref": "#/definitions/perfil"
      }
    }
  }
}
```

Figura 1. Padrão do esquema de dados de solos.

Uma vantagem dessa representação via JSON Schema é que checagens de consistências podem ser feitas com valores mínimos e máximos permitidos, tipos de dados válidos e declaração de obrigatoriedade de atributos (“required”). Também permite uma simplificação dos dados devido ao reuso de estruturas. Por exemplo, os atributos que especificam a cor do solo nas diferentes condições (ex: úmido e seco) usam uma mesma estrutura definida para cor.

A descrição de perfis de solo pode conter, basicamente, quatro componentes: descrição geral, descrição morfológica, análises físicas e químicas, e análise mineralógica. Neste trabalho, o foco é na descrição morfológica e nas análises físicas e químicas, que são determinantes para a classificação do solo. Porém, as ideias aplicadas a estas duas partes podem ser estendidas às demais.

O perfil de solo é constituído por seções mais ou menos paralelas à superfície, denominadas horizontes ou camadas. Os primeiros são resultantes da ação dos processos de formação, guardando relação genética entre si. Já as camadas são pouco ou nada influenciadas pelos processos pedológicos, como camadas formadas por sedimentos aluviais, eólicos e da atividade vulcânica. O exame do perfil de solo inicia-se pela separação dos horizontes, sub-horizontes e camadas, que são diferenciados por características morfológicas como cor, textura, estrutura e consistência (Santos et al., 2015). Para simplificar a escrita deste documento, o termo “horizonte” também pode abranger o conceito de “camada”. Desta maneira, não é necessário separar estes conceitos sob o ponto de vista computacional.

A seguir são apresentadas as especificações na seguinte sequência. Primeiramente, dados mais gerais referentes ao perfil, depois dados de descrição morfológica e, finalmente, de análises físicas e químicas.

3.1. Dados gerais de perfil

A Figura 2 mostra a estrutura referenciada na Figura 1 e usada para representar os dados de um perfil de solo. A definição de perfil envolve uma identificação em “ID_PERFIL” e as classes dos primeiros quatro níveis do SiBCS no caso em que o perfil já tenha sido classificado. Caso contrário, estes campos podem ser simplesmente ocultados. Os dados de drenagem também são importantes para a classificação de certos tipos de solo. Finalmente, um perfil é composto por uma lista de horizontes ou camadas. A Figura 2 também mostra a definição de um horizonte de perfil, que tem um campo obrigatório para o símbolo do horizonte e uma sequência de atributos que são explicados nas seções a seguir.

```

"definitions": {
  "perfil": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "ID_PERFIL": {
        "description": "Identificador do perfil",
        "type": "string"
      },
      "ORDEM": {
        "description": "Classe 1o nível",
        "type": "string"
      },
      "SUBORDEM": {
        "description": "Classe 2o nível",
        "type": "string"
      },
      "GDE_GRUPO": {
        "description": "Classe 3o nível",
        "type": "string"
      },
      "SUBGRUPO": {
        "description": "Classe 4o nível",
        "type": "string"
      },
      "DRENAGEM": {
        "description": "Velocidade em que a água é removida do solo",
        "enum": [ "excessivamente drenado", "fortemente drenado", "acentuadamente drenado", "bem drenado", "moderadamente drenado", "imperfeitamente drenado", "mal drenado", "muito mal drenado" ]
      },
      "HORIZONTES": {
        "description": "Lista de horizontes",
        "type": "array",
        "items": {
          "$ref": "#/definitions/horizonte"
        }
      }
    }
  },
  "horizonte": {
    "type": "object",
    "required": [ "SIMBOLO_HORIZONTE" ],
    "properties": {
      "SIMBOLO_HORIZONTE_CAMPO": ...,
      "SIMBOLO_HORIZONTE": ...,
      "LIMITE_SUP": ...,
      "LIMITE_INF": ...,
      ...
    }
  }
}

```

Figura 2. Estrutura de dados para representação de um perfil e de um horizonte

Um exemplo com trecho de arquivo contendo uma representação de perfis de solo é exibido na Figura 3. O arquivo começa com um único atributo “PERFIS”, que corresponde a uma lista de perfis, conforme especificação da Figura 1. Esta lista é delimitada por colchetes. O primeiro perfil tem o identificador “Id 0001”, já foi classificado como um LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico e é bem drenado, conforme indicam seus atributos. O atributo “HORIZONTES” refere-se à lista de horizontes deste perfil, também delimitada por colchetes. O primeiro horizonte tem símbolo A, confirmando em laboratório o que o pedólogo já havia registrado em campo. Este horizonte vai da superfície a 20 cm de profundidade, sendo que o limite inferior não é homogêneo, apresentando variações entre o ponto mínimo de 18 cm e o máximo de 21 cm da superfície.

```

{
  "PERFIS": [
    {
      "ID_PERFIL": "Id 0001",

      "ORDEM": "LATOSSOLO",
      "SUBORDEM": "AMARELO",
      "GDE_GRUPO": "Distrófico",
      "SUBGRUPO": "húmico",

      "DRENAGEM": "bem drenado",

      "HORIZONTES": [
        {
          "SIMBOLO_HORIZONTE_CAMPO": "A",
          "SIMBOLO_HORIZONTE": "A",

          "LIMITE_SUP": {
            "LIMITE": 0
          },
          "LIMITE_INF": {
            "LIMITE": 20,
            "LIMITE_MIN": 18,
            "LIMITE_MAX": 21
          },
          ...                ## outros atributos do horizonte A
        },
        ...                ## outros horizontes do perfil "Id 0001"
      ]
    },
    ...                ## outros perfis representados no arquivo
  ]
}

```

Figura 3. Trecho com exemplo de arquivo JSON que atende à especificação proposta

O Anexo 1 e o Anexo 2 apresentam, respectivamente, o JSON Schema completo da proposta e um exemplo de arquivo JSON com um perfil de solo hipotético. Este último não corresponde a um perfil real, mas apresenta exemplos de uso para inúmeros atributos presentes na representação proposta. O Anexo 3 exibe o código em Python de um programa que checa a validade do perfil de solo conforme o JSON Schema.

Para uma maior clareza e simplificação deste documento, na explicação dos atributos de horizontes nas próximas seções, as estruturas de tipo definidas no JSON Schema são precedidas pela palavra ‘definitions’ e as propriedades são exibidas diretamente nas figuras.

3.2. Dados de descrição morfológica

Normalmente, há uma ordem dos atributos em que um horizonte de perfil de solo é analisado, começando com sua designação, profundidade e cor até o registro de observações variadas. A Figura 4 mostra a parte relacionada à descrição de um horizonte ou camada de perfil de solo que consta na ficha modelo proposta pelo IBGE para registrar os dados de levantamento de solos. Embora nem todas estas informações sejam importantes para a classificação de solos, todas foram tratadas neste documento.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA - 1º Horizonte/ Camada									
SÍMBOLO:	PROFUNDIDADE (cm):	COR:	MATRIZ/ COR DE FUNDO:	QUANTIDADE:	TAMANHO:	MOSQUEADO OU VARIADO:	CONTRASTE:	CÓDIGO MUNSELL:	TEXTURA:
	ESPESSURA (cm):	<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> ÚMIDA <input type="checkbox"/> ÚMIDA AMASSADA	<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> ÚMIDA <input type="checkbox"/> ÚMIDA AMASSADA	1 2 3 POUCO 1 2 3 COMUM 1 2 3 ABUNDANTE	1 2 3 PEQUENA 1 2 3 MÉDIA 1 2 3 GRANDE	1 2 3 DIFUSA 1 2 3 DISTINTA 1 2 3 PROeminente			<input type="checkbox"/> AREIA <input type="checkbox"/> AREIA FRANCA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARENOSA <input type="checkbox"/> FRANCO <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOARENOSA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOSSILTOSA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOSA <input type="checkbox"/> FRANCO-SILTOSA <input type="checkbox"/> ARGILA <input type="checkbox"/> ARGILOARENOSA <input type="checkbox"/> ARGILOSSILTOSA <input type="checkbox"/> SILTE <input type="checkbox"/> MUITO ARGILOSA <input type="checkbox"/> ORGÂNICA <input type="checkbox"/> ORGÂNICA FIBROSA <input type="checkbox"/> INDISCIMINADA
CASCALHO:	ESTRUTURA:	TIPOS:	CEROSIDADE:	COESÃO:	SUPERFÍCIES:				
<input type="checkbox"/> POUCO CASCALHENTA <input type="checkbox"/> CASCALHENTA <input type="checkbox"/> MUITO CASCALHENTA	GRAU: 1 2 3 FRACA 1 2 3 MODERADA 1 2 3 FORTE TAMANHO: 1 2 3 MUITO PEQUENA 1 2 3 PEQUENA 1 2 3 MÉDIA 1 2 3 GRANDE 1 2 3 MUITO GRANDE 1 2 3 EXTR. GRANDE	1 2 3 GRANULAR 1 2 3 BLOCOS ANGULARES 1 2 3 BLOCOS SUBANGULARES 1 2 3 LAMINAR 1 2 3 CUNEIFORME 1 2 3 PARALELEPÍPEDICA 1 2 3 PRISMÁTICA 1 2 3 COLUNAR 1 2 3 GRAOS SIMPLES 1 2 3 MACIÇA 1 2 3 COM ASPECTO MACIÇO 1 2 3 PRISMÁTICA COMPOSTA DE	QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> ABUNDANTE GRAU: <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> FORTE	<input type="checkbox"/> MODERADAMENTE COESO <input type="checkbox"/> FORTEMENTE COESO	<input type="checkbox"/> FRICÇÃO (slickenside) <input type="checkbox"/> COMPRESSÃO <input type="checkbox"/> FOSCA <input type="checkbox"/> BRILHANTE QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> ABUNDANTE GRAU: <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> FORTE				
CONSISTÊNCIA:	MOLHADA:	RAÍZES:	POROS:	TRANSIÇÃO:					
<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> MACIA <input type="checkbox"/> LIG. DURA <input type="checkbox"/> DURA <input type="checkbox"/> MUITO DURA <input type="checkbox"/> EXTR. DURA <input type="checkbox"/> ÚMIDA <input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> FIRME <input type="checkbox"/> MUITO FRIÁVEL <input type="checkbox"/> FRIÁVEL <input type="checkbox"/> MUITO FIRME <input type="checkbox"/> EXTR. FIRME	PLASTICIDADE: <input type="checkbox"/> NÃO PLÁSTICA <input type="checkbox"/> LIG. PLÁSTICA <input type="checkbox"/> PLÁSTICA <input type="checkbox"/> MUITO PLÁSTICA PEGAJOSIDADE: <input type="checkbox"/> NÃO PEGAJOSA <input type="checkbox"/> LIG. PEGAJOSA <input type="checkbox"/> PEGAJOSA <input type="checkbox"/> MUITO PEGAJOSA	TAMANHO: <input type="checkbox"/> MUITO FINAS <input type="checkbox"/> FINAS <input type="checkbox"/> MÉDIAS <input type="checkbox"/> GROSSAS <input type="checkbox"/> MUITO GROSSAS QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCAS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> AUSENTES	TAMANHO: <input type="checkbox"/> MUITO PEQUENOS <input type="checkbox"/> PEQUENOS <input type="checkbox"/> MÉDIOS <input type="checkbox"/> GRANDES <input type="checkbox"/> MUITO GRANDES QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCOS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> SEM POROS VISÍVEIS	TOPOGRAFIA: <input type="checkbox"/> PLANA <input type="checkbox"/> ONDULADA <input type="checkbox"/> IRREGULAR <input type="checkbox"/> QUEBRADA CONTRASTE: <input type="checkbox"/> ABRUPTA <input type="checkbox"/> CLARA <input type="checkbox"/> GRADUAL <input type="checkbox"/> DIFUSA					

Figura 4. Ficha para descrição morfológica de um horizonte ou camada de perfil de solo no campo (IBGE, 2015)

A sequência de informações levantadas é descrita a seguir com base nesta ficha, mas também no manual de coleta (Santos et al., 2015) e na própria descrição do manual do IBGE, onde esta ficha é disponibilizada.

Identificação do horizonte

Segundo o manual de coleta, a designação dos horizontes efetuada no campo está sujeita a correções, conforme os dados de laboratório indicarem. Portanto, uma identificação é realizada no campo, mas a definitiva ocorre apenas após os resultados de laboratório. Portanto, é interessante haver espaço para o registro desta informação em dois momentos, o que pode ser feito com a inclusão de dois campos para o símbolo do horizonte (Figura 5).

```

"SIMBOLO_HORIZONTE_CAMPO": {
  "description": "Identificação do horizonte no campo",
  "type": "string"
},
"SIMBOLO_HORIZONTE": {
  "description": "Identificação do horizonte após análises laboratoriais",
  "type": "string"
}

```

Figura 5. Atributos de símbolo do horizonte

Há outras informações na descrição morfológica de solos que também são registradas durante o trabalho de campo e confirmadas após análises de laboratórios. Estes dados normalmente são anotados em duas estruturas, uma para o registro de campo, com sufixo “_CAMPO”, e outra definitiva, após os ajustes realizados em função das análises de laboratório.

Exemplo de uso:

```
"SIMBOLO_HORIZONTE_CAMPO": "Bt",
"SIMBOLO_HORIZONTE": "Bt"
```

Profundidade de horizonte

Uma vez separados os horizontes, mede-se a profundidade de cada um deles (Santos et al., 2015). Embora o manual de coleta de solos (Santos et al., 2015) indique que a espessura de cada horizonte ou camada deva ser anotada, este valor pode ser calculado a partir de suas profundidades. Portanto, não é necessário um campo para a espessura em bancos de dados, mas devem ser registrados os limites superior e inferior de cada horizonte.

No caso de horizontes com transições não uniformes, o manual indica que devem ser registradas as variações máximas e mínimas de profundidade. No entanto, nas bases de dados atuais, esses valores não são registrados, de maneira que novos campos precisam ser considerados em iniciativas que visam a melhorar a qualidade dos dados de solos brasileiros.

Os campos necessários para representar as profundidades são LIMITE_SUP e LIMITE_INF, respectivamente para os limites superior e inferior, conforme Figura 6. Ambos são de um tipo "limite" definido via JSON Schema, que envolve valores de profundidade média (LIMITE), mínima (LIMITE_MIN) e máxima (LIMITE_MAX). O valor do primeiro é obrigatório no uso deste campo.

```
"definitions": {
  "limite": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "LIMITE": {
        "description": "Limite do horizonte",
        "type": "integer"
      },
      "LIMITE_MIN": {
        "description": "Limite mínimo do horizonte , em caso de transição não uniforme",
        "type": "integer"
      },
      "LIMITE_MAX": {
        "description": "Limite máximo do horizonte, em caso de transição não uniforme",
        "type": "integer"
      }
    },
    "required": ["LIMITE"]
  }
},
"LIMITE_SUP": {
  "description": "Limite superior do horizonte",
  "$ref": "#/definitions/limite"
},
"LIMITE_INF": {
  "description": "Limite inferior do horizonte",
  "$ref": "#/definitions/limite"
},
```

Figura 6. Definição de estrutura para limites dos horizontes e atributos para limites inferior e superior

Exemplo de uso:

```
"LIMITE_SUP": {
  "LIMITE": 0
},

"LIMITE_INF": {
  "LIMITE": 10,

  "LIMITE_MIN": 8,
  "LIMITE_MAX": 15
}
```

Nos casos em que a transição é uniforme, o único dado necessário é o próprio limite, de forma que a ausência de valores para os demais campos citados indica este caráter uniforme da transição.

Os valores de profundidade são expressos em 'cm'. Portanto são inteiros não negativos. Em geral os valores para limite superior são menores do que para limite inferior em um mesmo horizonte. Porém, em alguns solos minerais, pode haver horizonte orgânico sobre o horizonte diagnóstico superficial, de maneira que o primeiro está acima da profundidade zero. Ao invés de usar números negativos para estas camadas que se encontram acima do ponto inicial, os pedólogos costumam anotar valores maiores para o limite superior do que para o limite inferior.

Também é comum o uso do sinal '+' para identificar que o horizonte não foi completamente analisado. Por exemplo, se um horizonte tem limite inferior em 130+, significa que o perfil foi verificado até 130 cm, mas que ele continua além desta profundidade. Esta informação normalmente não é representada nos bancos de dados, mas é importante que fosse para não haver perda de informação que pode ser relevante para determinados trabalhos, embora não influencie na classificação de solos. Como o campo é inteiro, não é possível usar o caractere '+' nesta representação. Mas outras abordagens são possíveis, como a inclusão de um campo booleano para representar esta situação ou a inclusão de um novo horizonte cujo limite inferior de profundidade seja uma constante grande que nunca ocorra em perfis reais. Esta segunda abordagem é possível na estrutura especificada.

Cor

A caracterização das cores de solo segue o Sistema Munsell de Cores, que as expressa em três componentes: matiz, valor e croma. O matiz é representado por uma ou duas letras maiúsculas referentes a iniciais de cores: R (red - vermelho), Y (yellow - amarelo), B (blue - azul), G (green - verde) e P (purple - púrpura). O valor varia de zero a dez, representando de preto absoluto ao branco absoluto. A Carta de Munsell (Munsell, 1994), adotada pelos pedólogos, normalmente utiliza valores de 2 a 8. Já o croma pode ir de zero até 20, mas a Carta de Munsell normalmente utiliza a faixa de 0 a 8. Para solos acromáticos com zero de croma e nenhum matiz, utiliza-se a letra N para matiz. Além disso, não são todas as combinações de letras que são permitidas. Por exemplo, não se usa RY, mas apenas YR na representação de cor de solo.

No manual de coleta de solos (Santos et al., 2015) consta-se que, às vezes, há necessidade de interpolação na determinação de um dos componentes da cor. Assim, é possível encontrar valores não inteiros para valor ou croma e valores como 8.5YR ou 9YR para matiz. Valores como 8.75YR, por exemplo, já não são aceitos, pois devem indicar pelo menos uma tendência para um dos valo-

res mais comuns (2.5, 5, 7.5 e 10), e nunca uma média entre dois destes valores consecutivos. No entanto, o próprio manual também alerta para que se deve restringir ao máximo a interpolação para valor e croma.

Normalmente, as cores de solos são representadas por campos do tipo texto nas bases de dados, obedecendo a um formato conforme especificado no manual de coleta: nome da cor em português, matiz, espaço, valor, barra, croma. No entanto, muitos problemas podem surgir a partir deste formato, porque é muito comum que os dados não estejam registrados exatamente neste formato. Sugere-se então, três campos distintos, um para cada componente de cor: matiz, valor e croma. Além disso, o nome da cor não é necessário pois pode ser deduzido a partir destes três componentes. Com isso, diminui-se muito a probabilidade de inconsistências nos dados e se facilita o processamento computacional deste tipo de informação.

Para o registro de matiz, um campo alfanumérico deve ser usado, mas restrições estritas podem ser associadas a ele. O formato para esta informação é bem definido, com um valor numérico presente em um domínio delimitado, conforme especificado anteriormente, seguido de uma ou duas letras de um conjunto também restrito. Casos especiais ainda são considerados, como o que envolve a letra N, que não requer valor numérico precedente. Este formato para matiz ainda não está expresso nas definições deste documento.

Para a classificação de solos, em grande parte dos casos, a observação do solo em amostra ligeiramente umedecida é suficiente. Em alguns casos, porém, a cor também deve ser observada em amostras secas, secas trituradas ou úmidas amassadas. Portanto, são necessários vários campos para registro de cor, embora a maioria deles seja opcional (Figura 7).

```

"definitions": {
  "cor": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "MATIZ": {
        "description": "Matiz da cor",
        "type": "string"
      },
      "CROMA": {
        "description": "Croma da cor",
        "type": "number",
        "minimum": 0,
        "maximum": 20
      },
      "VALOR": {
        "description": "Valor da cor",
        "type": "number",
        "minimum": 0,
        "maximum": 10
      }
    },
    "required": ["MATIZ", "CROMA", "VALOR"]
  }
}

"COR_UMIDA": {
  "description": "Cor da amostra de solo úmida",
  "$ref": "#/definitions/cor"
},
"COR_UMIDA_AMASSADA": {
  "description": "Cor da amostra de solo úmida e amassada",
  "$ref": "#/definitions/cor"
},
"COR_SECA": {
  "description": "Cor da amostra de solo seca",
  "$ref": "#/definitions/cor"
},
"COR_SECA_TRITURADA": {
  "description": "Cor da amostra de solo seca e triturada",
  "$ref": "#/definitions/cor"
}

```

Figura 7. Definição de estrutura para representação de cores e atributos relacionados à cor do solo

Exemplo de uso:

```

"COR_UMIDA": {
  "MATIZ": "5YR",
  "VALOR": 3,
  "CROMA": 3
},
"COR_UMIDA_AMASSADA": {
  "MATIZ": "5YR",
  "VALOR": 3,
  "CROMA": 2
},
"COR_SECA": {
  "MATIZ": "5YR",
  "VALOR": 4,
  "CROMA": 2
},
"COR_SECA_TRITURADA": {
  "MATIZ": "7.5YR",
  "VALOR": 4,
  "CROMA": 4
}

```

Alguns horizontes podem apresentar mais de uma cor, nos casos de mosqueado ou variegado. A cor que predomina no horizonte de padrão mosqueado pode ser registrada nos campos previamente citados, mas as cores das manchas existentes devem ser determinadas individualmente. No entanto, às vezes, o horizonte tem várias cores, sem que haja a predominância de uma delas, ao que se denomina coloração variegada. Neste caso, podem ser usados os mesmos campos utilizados para identificar os mosqueados sem usar os campos principais de cor, tratados anteriormente. Como a quantidade de cores pode variar, é necessário usar uma lista de cores para mosqueado e variegado. Além da cor do mosqueado, devem ser descritos a quantidade relativa à área total das manchas, o tamanho das manchas e o contraste das manchas em relação ao fundo (Figura 8). São admitidos para esses atributos um conjunto pequeno de valores:

- Quantidade: Pouco, Comum ou Abundante.
- Tamanho: Pequeno, Médio ou Grande.
- Contraste: Difuso, Distinto ou Proeminente.

```

"definitions": {
  "mosqueado": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "COR": {
        "description": "Cor do mosqueado",
        "$ref": "#/definitions/cor"
      },
      "QUANTIDADE": {
        "description": "Quantidade de mosqueado",
        "enum": [ "pouco", "comum", "abundante" ]
      },
      "TAMANHO": {
        "description": "Tamanho das manchas no mosqueado",
        "enum": [ "pequeno", "medio", "grande" ]
      },
      "CONTRASTE": {
        "description": "Contraste de cores das manchas em relação ao fundo",
        "enum": [ "difuso", "distinto", "proeminente" ]
      }
    },
    "required": ["COR"]
  }
}

"MOSQUEADOS": {
  "description": "Lista de mosqueados ou variegados",
  "type": "array",
  "items": {
    "$ref": "#/definitions/mosqueado"
  }
}

```

Figura 8. Definição de estrutura e atributos para representação de mosqueados e variegados

Exemplo de uso:

```

"MOSQUEADOS": [
  {
    "COR": {
      "MATIZ": "5YR",
      "VALOR": 4,
      "CROMA": 4
    },
    "QUANTIDADE": "comum",
    "TAMANHO": "pequeno",
    "CONTRASTE": "proeminente"
  },
  {
    "COR": {
      "MATIZ": "7.5YR",
      "VALOR": 5,
      "CROMA": 6
    },
    "QUANTIDADE": "comum",
    "TAMANHO": "medio",
    "CONTRASTE": "distinto"
  }
]

```

Textura avaliada no campo

Análises laboratoriais são necessárias para se determinar corretamente a textura do solo. No entanto, também é importante a avaliação realizada pelo pedólogo em campo. Este profissional normalmente classifica a textura e avalia a quantidade de cascalho no campo (Figura 9). Embora estas informações sejam registradas durante o trabalho no campo, outras informações são obtidas por meio de análises feitas em laboratório, posteriormente. Elas serão tratadas mais adiante.

```
"TEXTURA_CAMPO": {  
  "description": "Textura do solo avaliada no campo",  
  "enum": [ "areia", "areia franca", "franco-arenoso", "franco",  
            "franco-argiloarenoso", "franco-argilossiltoso", "franco-argiloso",  
            "franco-siltoso", "argila", "argiloarenoso", "argilossiltoso",  
            "silte", "muito argiloso", "organico", "organico fibroso",  
            "indiscriminado" ]  
},  
  
"CASCALHO_CAMPO": {  
  "description": "Quantidade de cascalho avaliada no campo",  
  "enum": [ "ausente", "pouco cascalhento", "cascalhento", "muito cascalhento" ]  
}
```

Figura 9. Atributos para descrição de textura e de cascalho no campo

Exemplo de uso:

```
"TEXTURA_CAMPO": "areia",  
"CASCALHO_CAMPO": "ausente"
```

Estrutura

A estrutura refere-se ao padrão de arranjo das partículas de areia, silte e argila em unidades estruturais compostas. A estrutura pode ser caracterizada pelo seu tamanho, seu grau de desenvolvimento, associado à facilidade com que se separa uma unidade estrutural da outra, e seu tipo, baseado em sua forma. Portanto, são necessários pelo menos três componentes para o registro da estrutura. Ainda é comum o registro de observações sobre as estruturas registradas pelo pedólogo durante o trabalho no campo. Além disso, para um determinado horizonte, é comum a presença de diferentes estruturas. Por isso, o registro é feito com uma lista de estruturas para cada horizonte (Figura 10).


```

"definitions": {
  "estrutura": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "TIPO": {
        "description": "Tipo, ou forma, da estrutura",
        "enum": [ "granular", "grumoso", "blocos angulares", "blocos
                  subangulares", "laminar", "colunar", "prismatico", "cuneiforme",
                  "paralelepipedico", "prismatico composto de", "graos simples",
                  "macico" ]
      },
      "GRAU": {
        "description": "Grau de desenvolvimento da estrutura",
        "enum": [ "ausente", "fraco", "moderado", "forte" ]
      },
      "TAMANHO": {
        "description": "Tamanho da estrutura",
        "enum": [ "ausente", "muito pequeno", "pequeno", "medio", "grande",
                  "muito grande", "extremamente grande" ]
      },
      "OBSERVACOES": {
        "description": "Observações sobre a estrutura",
        "type": "string"
      }
    },
    "required": [ "TIPO" ]
  }
}

"ESTRUTURAS": {
  "description": "Lista de estruturas",
  "type": "array",
  "items": {
    "$ref": "#/definitions/estrutura"
  }
},

```

Figura 10. Definição da estrutura de dados para a estrutura de solos e atributo com lista de estruturas.

Exemplo de uso:

```

"ESTRUTURAS": [{
  "TIPO": "prismatico composto de",
  "GRAU": "moderado",
  "TAMANHO": "grande",
  "OBSERVACOES": ""
},
{
  "TIPO": "blocos angulares",
  "GRAU": "moderado",
  "TAMANHO": "pequeno",
  "OBSERVACOES": ""
}
]

```

Cerosidade

Aspecto brilhante e ceroso de superfícies naturais que revestem as diferentes faces de unidades estruturais. A cerosidade pode ser classificada quanto ao grau de desenvolvimento (fraco, moderado ou forte), de acordo com sua facilidade de identificação, e à quantidade de ocorrência (pouco, comum ou abundante). Ainda é prevista a ausência de cerosidade. Portanto, são necessários dois campos para representar a cerosidade em um horizonte, ambos assumindo quatro possíveis valores (Figura 11).

```
"CEROSIDADE_GRAU": {
  "description": "Grau de desenvolvimento da cerosidade, conforme o contraste com
    as partes sem cerosidade e facilidade de identificação",
  "enum": [ "ausente", "fraco", "moderado", "forte" ]
},
"CEROSIDADE_QUANTIDADE": {
  "description": "Quantidade de cerosidade",
  "enum": [ "ausente", "pouco", "comum", "abundante" ]
},
```

Figura 11. Atributos de cerosidade: grau e quantidade

Exemplo de uso:

```
"CEROSIDADE_GRAU": "fraco",
"CEROSIDADE_QUANTIDADE": "pouco",
```

Coesão

Tanto o manual de coleta quanto a ficha de descrição morfológica dos solos no campo do IBGE apresentam duas possibilidades para caracterizar coesão: moderadamente coeso e fortemente coeso. Ainda há a possibilidade de ausência de coesão (Figura 12).

```
"COESAO": {
  "description": "Característica de resistência do solo à penetração de
    instrumentos, organização estrutural e consistência",
  "enum": [ "ausente", "moderadamente coeso", "fortemente coeso" ]
}
```

Figura 12. Atributo de coesão

Exemplo de uso:

```
"COESAO": "moderadamente coeso"
```

Superfícies de fricção e de compressão

As superfícies de compressão podem ser brilhantes ou foscas, e ainda ser caracterizadas pelo grau e sua quantidade. Também pode haver superfícies de fricção, ou *slickensides*. Neste caso, um campo booleano pode ser utilizado para registrar presença ou ausência. No primeiro caso, é necessário adicionar opções para a ausência de superfícies de compressão além dos valores previstos para cada atributo (Figura 13).

```
"definitions": {
  "superficie_compressao": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "TIPO": {
        "description": "Tipo de superfície de compressão",
        "enum": [ "ausente", "fosco", "brilhante" ]
      },
      "QUANTIDADE": {
        "description": "Quantidade de superfície de compressão",
        "enum": [ "ausente", "pouco", "comum", "abundante" ]
      },
      "GRAU": {
        "description": "Grau de superfície de compressão ",
        "enum": [ "ausente", "fraco", "moderado", "forte" ]
      }
    }
  }
}

"UPERFICIE_COMPRESSAO": {
  "description": "Presença de superfícies de compressão",
  "$ref": "#/definitions/superficie_compressao"
},
"UPERFICIE_FRICCAO": {
  "description": "Presença de superfície de fricção (slickenside)",
  "type": "boolean"
}
```

Figura 13. Estrutura e atributo para superfície de compressão e atributo para superfície de fricção

Exemplo de uso:

```
"UPERFICIE_COMPRESSAO": {
  "TIPO": "brilhante",
  "QUANTIDADE": "comum",
  "GRAU": "moderado"
},
"UPERFICIE_FRICCAO": true
```

Consistência

Há quatro informações importantes relacionadas a esta característica: consistência do solo quando seco, úmido e molhado, mas no último caso registra-se a plasticidade e a pegajosidade (Figura 14). Todos estes atributos assumem valores de conjuntos determinados.

```
"definitions": {
  "consistencia": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "SECO": {
        "description": "Consistência do solo seco",
        "enum": [ "solto", "macio", "ligeiramente duro", "duro", "muito duro",
                  "extremamente duro" ]
      },
      "UMIDO": {
        "description": "Consistência do solo úmido",
        "enum": [ "solto", "muito friavel", "friavel", "firme", "muito firme",
                  "extremamente firme" ]
      },
      "PLASTICIDADE": {
        "description": "Plasticidade do solo quando molhado. Propriedade de mudar
                        de forma",
        "enum": [ "nao plastico", "ligeiramente plastico", "plastico", "muito
                  plastico" ]
      },
      "PEGAJOSIDADE": {
        "description": "Pegajosidade do solo quando molhado. Propriedade de
                        aderir a outros objetos",
        "enum": [ "nao pegajoso", "ligeiramente pegajoso", "pegajoso", "muito
                  pegajoso" ]
      }
    }
  }
}

"CONSISTENCIA": {
  "description": "Consistência do solo quando está seco, úmido ou molhado",
  "$ref": "#/definitions/consistencia"
}
```

Figura 14. Estrutura e atributo para a consistência do solo

Exemplo de uso:

```
"CONSISTENCIA": {
  "UMIDO": "firme",
  "PLASTICIDADE": "plastico",
  "PEGAJOSIDADE": "pegajoso"
}
```

Raízes

Normalmente, a presença de raízes é registrada de maneira textual em um único campo para todo o perfil de solo, mas o registro é feito descrevendo as raízes para cada horizonte. Além disso, a presença de raízes é avaliada em relação ao tamanho e à sua quantidade (Figura 15). Para a quantidade, o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2015), enumera ainda a possibilidade de “raro”, além de “pouco”, “comum” e “abundante” (ou “muito”), opções também presentes no manual do IBGE (2015). A ausência de raízes comumente não é mencionada em uma ficha de descrição morfológica, mas em um sistema computacional é importante fazer este registro. Outras observações referentes às raízes também podem ser importantes para, por exemplo, descrever o sistema radicular e outras informações.

```
"definitions": {
  "raiz": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "TAMANHO": {
        "description": "Tamanho das raízes",
        "enum": [ "ausente", "muito fino", "fino", "medio", "grosso", "muito
                  grosso" ]
      },
      "QUANTIDADE": {
        "description": "Quantidade de raízes",
        "enum": [ "ausente", "raro", "pouco", "comum", "abundante" ]
      },
      "OBSERVACOES": {
        "description": "Observações sobre as raízes do horizonte",
        "type": "string"
      }
    }
  }
},

"RAIZES": {
  "description": "Lista de raízes",
  "type": "array",
  "items": {
    "$ref": "#/definitions/raiz"
  }
},
```

Figura 15. Estrutura e atributos para raízes

Exemplo de uso:

```
"RAIZES": [
  {
    "TAMANHO": "muito grosso",
    "QUANTIDADE": "abundante",
    "OBSERVACOES": ""
  }
]
```

Lamelas

A presença de lamelas costuma ser registrada em campos genéricos de observações. No entanto, esta informação pode ser registrada em campo específico para isso, com seus limites inferior e superior, além de sua textura avaliada em campo. Como é possível haver várias camadas de lamelas em um mesmo horizonte, uma lista é utilizada para representá-las (Figura 16).

```
"definitions": {
  "lamela": {
    "type": "object",
    "properties": {

      "LIMITE_SUP": {
        "description": "Limite superior do horizonte",
        "$ref": "#/definitions/limite"
      },
      "LIMITE_INF": {
        "description": "Limite inferior do horizonte",
        "$ref": "#/definitions/limite"
      },
      "TEXTURA_CAMPO": {
        "description": "Textura do solo avaliada no campo",
        "enum": [ "areia", "areia franca", "franco-arenoso", "franco",
"franco-argiloarenoso", "franco-argilossiltoso", "franco-argiloso",
"franco-siltoso", "argila", "argiloarenoso", "argilossiltoso", "silte", "muito
argiloso", "organico", "organico fibroso", "indiscriminado" ]
      }
    }
  }
}

"LAMELAS": {
  "description": "Lista de lamelas",
  "type": "array",
  "items": {
    "$ref": "#/definitions/lamela"
  }
}
```

Figura 16. Estrutura e atributos para lamelas

Exemplo de uso:

```
"LAMELAS": [
  {
    "LIMITE_SUP": {
      "LIMITE": 53
    },
    "LIMITE_INF": {
      "LIMITE": 60
    },
    "TEXTURA_CAMPO": "franco-arenoso"
  }
]
```

Porosidade

O registro da porosidade envolve campos para o tamanho e a quantidade dos poros (Figura 17).

```
"POROSIDADE_TAMANHO": {
  "description": "Tamanho dos poros visíveis",
  "enum": [ "ausente", "muito pequeno", "pequeno", "medio", "grande", "muito
            grande" ]
},
"POROSIDADE_QUANTIDADE": {
  "description": "Quantidade dos poros visíveis",
  "enum": [ "ausente", "pouco", "comum", "abundante" ]
}
```

Figura 17. Atributos para porosidade

Exemplo de uso:

```
"POROSIDADE_TAMANHO": "ausente",
"PROSIDADE_QUANTIDADE": "ausente"
```

Transição entre os horizontes

A caracterização da transição entre os horizontes é descrita quanto ao grau, ou nitidez, e à forma, ou topografia, com que se diferenciam ao longo do perfil. Portanto, são necessários dois campos para representar a transição entre os horizontes (Figura 18).

```
"TRANSICAO_GRAU": {
  "description": "Grau, ou nitidez, da transição entre este horizonte e o
                 subjacente",
  "enum": [ "abrupto", "claro", "gradual", "difuso" ]
},
"TRANSICAO_FORMA": {
  "description": "Forma, ou topografia, da transição entre este horizonte e o
                 subjacente",
  "enum": [ "plano", "ondulado", "irregular", "descontínuo" ]
}
```

Figura 18. Atributos para transição entre horizontes

Exemplo de uso:

```
"TRANSICAO_GRAU": "claro",
"TRANSICAO_FORMA": "plano"
```

Tabulação dos atributos de solo

A Tabela 1 exibe a estrutura responsável por armazenar os dados de descrição morfológica do solo para cada horizonte no BDIA. Há apenas um campo para registro do símbolo de horizonte, mas é importante haver dois campos para isso, um para o registro no campo e outro para o registro após as análises laboratoriais. Os limites superior e inferior contam com valores únicos, mas nos casos em que os horizontes e camadas não são uniformes é importante registrar valores mínimos e máximos também para esses limites. Para cores, na tabela há campos do tipo texto para fundo, mosqueado e variegado, mas isso dificulta muito o processamento computacional porque abre muitas possibilidades de especificação dos atributos de cores e aumenta muito a possibilidade de registros inconsistentes e incompletos, além de dificultar seu processamento. A representação proposta cobre todas as informações de cor necessárias para a classificação de forma muito mais estruturada e consistente. Sobre campos de textura e presença de cascalho, tanto esta proposta quanto a tabela do IBGE os levam em consideração. Para estrutura e cerosidade, a base do IBGE trata cada um deles em campos únicos com todas as informações. Neste trabalho, porém, essas informações são compostas por campos separados, como tipo, tamanho, grau e quantidade. Para as superfícies de compressão e de fricção, na tabela há apenas um campo texto, enquanto nesta proposta, há dois atributos, um para fricção e outro para compressão, e este é composto por diferentes atributos. O BDIA já apresenta campos separados para os quatro atributos de consistência, da mesma maneira que é sugerido aqui. No BDIA não há campos para porosidade e para raízes, mas não são importantes para classificação de solo. Há campos TRANS_TOPO e TRANS_NITI, que remetem à topografia e à nitidez. Eles possuem a mesma finalidade dos atributos TRANSICAO_GRAU E TRANSICAO_FORMA, presentes na representação deste trabalho, mas a escolha nos casos da nomenclatura adotada aqui deve-se à maior clareza do prefixo TRANSICAO em relação a TRANS e também dos prefixos GRAU e FORMA em relação a TOPO e NITI. Além disso, outros atributos também são caracterizados por grau, como estrutura e cerosidade.

Tabela 1. Tabela do BDIA para descrição morfológica do solo para cada horizonte.

Tabela de Informação		
Arquivo tabular	PD_Complemento_Ponto_2017.mdb	Feição: Tabela
Tabela	PD_HORIZ	Descrição: Horizonte
Nome	Descrição	
Id_ponto	Identificação do ponto	
Simb_horiz	Símbolo do horizonte / camada	
Limite_sup	Valor do limite superior (cm)	
Limite_inf	Valor do limite inferior (cm)	
Contin_lim	Indicador (sinal de mais) de continuidade do limite inferior	
Class_text	Classe de textura	
Cascalho	Presença de cascalho	
Cons_seco	Consistência quando seco	
Cons_umid	Consistência quando úmido	
Cons_plast	Consistência quando molhado (plasticidade)	
Cons_pegaj	Consistência quando molhado (pegajosidade)	
Class_cime	Classe de cimentação	
Trans_topo	Transição quanto à topografia	
Trans_niti	Transição quanto à nitidez	
Estrutura	Descrição da estrutura – Grau de desenvolvimento; tamanho; tipo	
Cerosidade	Descrição da cerosidade – Quantidade; grau de desenvolvimento	
Superficie	Descrição da superfície de fricção – Quantidade; grau de desenvolvimento	
Cor_fundo	Cor de fundo – Cor horizonte/camada – nome; matiz; valor/croma; condição do solo quanto ao grau de unidade	
Cor_mosq	Cor do mosqueado – Quantidade; tamanho; contraste; cor do mosqueado; nome; matiz, valor/croma, condição do solo qto ao grau de umidade	
Cor_varieg	Coloração variegada - Cor – nome; matiz; valor/croma; condição do solo qto ao grau de umidade	
Solo_org	Descrição do solo orgânico	

Fonte: IBGE (2017).

3.3. Dados de análises físicas e químicas

Análises em laboratório são imprescindíveis para a caracterização completa do solo. A classificação do solo requer muitas informações obtidas por meio dessas análises, como os valores dos atributos que são explicados a seguir. A Tabela 2 exibe a estrutura no BDIA responsável por armazenar estes dados.

Tabela 2. Tabela do BDIA para atributos físicos e químicos do solo para cada horizonte.

Tabela de Informação		
Arquivo tabular	PD_Complemento_Ponto_2017.mdb	Feição: Tabela
Tabela	PD_FISQUIM	Descrição: Análise físico-química
Nome	Descrição	
Id_ponto	Identificação do ponto	
Simb_horiz	Símbolo do horizonte / camada	
Calhau	Frações de amostra total de calhau (>20mm) - (g/kg)	
Cascalho	Frações de amostra total de cascalho (de 20 a 2mm) - (g/kg)	
Terra_fina	Frações de amostra total de terra fina (<2mm) - (g/kg)	
Areia_gros	Composição granulométrica - areia grossa (de 2 a 0,2mm) - (g/kg)	
Areia_fina	Composição granulométrica - areia fina (de 0,2 a 0,05mm)- (g/kg)	
Areia_tot	Areia total - (g/kg)	
Silte	Composição granulométrica - silte (de 0,05 a 0,002mm) - (g/kg)	
Argila	Composição granulométrica - argila (< 0,002mm) - (g/kg)	
Arg_nat	Argila natural - (g/kg)	
C_org	Carbono orgânico - (g/kg)	
N_total	Nitrogênio total - (g/kg)	
Teor_si	Sílica no extrato sulfúrico - (g/kg)	
Teor_al	Alumínio no extrato sulfúrico - (g/kg)	
Teor_fe	Ferro no extrato sulfúrico - (g/kg)	
Teor_ti	Titânio no extrato sulfúrico - (g/kg)	
Teor_p	Fósforo no extrato sulfúrico - (g/kg)	
pH_agua	pH em água - (-)	
pH_kcl	pH em KCl - (-)	
Ca_mg_troc	Cálcio + magnésio trocáveis - (cmolc/kg)	
Ca_troc	Cálcio trocável - (cmolc/kg)	
Mg_troc	Magnésio trocável - (cmolc/kg)	
K_troc	Potássio trocável - (cmolc/kg)	
Na_troc	Sódio trocável - (cmolc/kg)	
H_troc	Hidrogênio trocável - (cmolc/kg)	
Al_troc	Alumínio trocável - (cmolc/kg)	
Al_h_troc	Alumínio trocável + hidrogênio trocável - (cmolc/kg)	
Cond_eletr	Condutividade elétrica na pasta saturada - (mS/cm/250 C)	
H2O_pasta	Água na pasta saturada - (%)	
Equi_CaCo3	Equivalente de carbonato de cálcio - (g/kg)	
P_ind	Indicador de pequena quantidade de fósforo assimilável	
P_assim	Fósforo assimilável - (mg/kg)	
Grau_floc	Grau de floculação - (%)	
Silte_arg	Relação silte / argila - (-)	
Mat_organ	Matéria orgânica - (g/kg)	
Rel_C_N	Relação carbono / nitrogênio - (-)	
Soma_base	Soma de bases trocáveis (S) - (cmolc/kg)	
Troca_cat	Capacidade de troca de cátions (T) - (cmolc/kg)	
Sat_base	Saturação por bases (V) - (%)	
Sat_al	Saturação por alumínio (m) - (%)	
Sat_na	Saturação por sódio - (%)	
Rel_ki	Relação molecular Ki - (-)	
Rel_kr	Relação molecular Kr - (-)	
Rel_al_fe	Relação molecular Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ - (-)	
Umid_equiv	Umidade equivalente - (%)	

Fonte: IBGE (2017).

Frações da amostra total

Normalmente, as análises de solo em laboratório contêm informações sobre calhau, cascalho e terra fina (Figura 19). Estes dados são expressos em g/Kg e a soma dos três valores deve ser igual a 1000. Vale destacar que o atributo referente a cascalho difere-se do previamente tratado por ser resultado de análise de laboratório enquanto o outro é avaliação do profissional no campo.

```
"CALHAU": {
  "description": "Fração de calhau",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},
"CASCALHO": {
  "description": "Fração de cascalho",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},
"TERRA_FINA": {
  "description": "Fração de terra fina",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
}
```

Figura 19. Atributos para frações da amostra total.

Exemplo de uso:

```
"CALHAU": 200,
"CASCALHO": 160,
"TERRA_FINA": 640
```

Composição granulométrica da terra fina

Os dados de composição granulométrica são referentes à areia grossa, areia fina, silte e argila (Figura 20). São fornecidos em g/Kg e a soma destes elementos totalizam 1000. Portanto, são necessários quatro campos para essas informações, que são representadas por inteiros de 0 a 1000. No BD_iA, por exemplo, há um campo adicional para o total de areia, mas como este valor é facilmente calculado a partir da soma de areia grossa e fina, este atributo não é necessário. A classe textural do solo também pode ser inferida a partir destes dados, de maneira que não há um campo para esta informação na representação proposta.

```
"AREIA_GROSSA": {  
  "description": "Fração de areia grossa",  
  "type": "integer",  
  "minimum": 0,  
  "maximum": 1000  
},  
"AREIA_FINA": {  
  "description": "Fração de areia fina",  
  "type": "integer",  
  "minimum": 0,  
  "maximum": 1000  
},  
"SILTE": {  
  "description": "Fração de silte",  
  "type": "integer",  
  "minimum": 0,  
  "maximum": 1000  
},  
"ARGILA": {  
  "description": "Fração de argila",  
  "type": "integer",  
  "minimum": 0,  
  "maximum": 1000  
}  
}
```

Figura 20. Atributos para a composição granulométrica

Exemplo de uso:

```
"AREIA_GROSSA": 450,  
"AREIA_FINA": 170,  
"SILTE": 70,  
"ARGILA": 310
```

É possível comparar as avaliações de textura baseadas nas análises de laboratório, registradas nestes quatro campos, com as baseadas nos trabalhos de campo e registradas no campo TEXTURA_CAMPO, previamente mencionado.

pH

A medição do pH é feita com amostra de solo imerso em água e em solução de KCl (Figura 21).

```
"PH_AGUA": {
  "description": "pH em água",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 14
},
"PH_KCL": {
  "description": "pH em KCl",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 14
},
```

Figura 21. Atributos de pH do solo

Exemplo de uso:

```
"PH_AGUA": 4.6,
"PH_KCL": 4.1
```

Complexo sortivo

Os valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} e H^+ são imprescindíveis para a adequada classificação de solos (Figura 22). A partir destes dados, podem ser computados valores de grande relevância para aplicações envolvendo dados de solos, como Valor S (soma de bases), Valor T (capacidade de troca de cátions), Valor V e saturação por Alumínio. Portanto, como podem ser calculados a partir de outros atributos, estes últimos não são incluídos na representação proposta neste trabalho.

```
"CA_TROC": {
  "description": "Cálcio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"MG_TROC": {
  "description": "Magnésio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"K_TROC": {
  "description": "Potássio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"NA_TROC": {
  "description": "Sódio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"AL_TROC": {
  "description": "Alumínio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"H_TROC": {
  "description": "Hidrogênio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
}
```

Figura 22. Atributos do complexo sortivo

Exemplo de uso:

```
"CA_TROC": 13.6,
"MG_TROC": 2.2,
"K_TROC": 0.23,
"NA_TROC": 0.05,
"AL_TROC": 0,
"H_TROC": 8.6
```

Outros atributos obtidos por meio de análises físicas e químicas

Vários outros atributos cujos valores são obtidos por meio de análises físicas e químicas ainda são importantes para a classificação de solos, como o conteúdo de P assimilável, o teor de carbono orgânico, carbonato de cálcio equivalente e condutividade elétrica, por exemplo (Figura 23).

```
"P_ASSIM":{
  "description": "Fósforo assimilável em mg/Kg",
  "type": "integer"
},
"C_ORG": {
  "description": "Teor de carbono orgânico em g/Kg",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},
"EQUI_CACO3": {
  "description": "Equivalente de carbonato de cálcio em g/Kg",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},
"COND_ELETR": {
  "description": "Condutividade elétrica",
  "type": "number"
},
"TEOR_FE": {
  "description": "Teor de Ferro em g/Kg",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
}
```

Figura 23. Atributos obtidos por meio de análises físicas e químicas

Exemplo de uso:

```
"P_ASSIM": 15,
"C_ORG": 28.7,
"EQUI_CACO3": 25,
"COND_ELETR": 4.8,
"TEOR_FE": 220,
```

Todos estes atributos podem ser encontrados na tabela do BDIA referente a atributos físicos e químicos (Tabela 2). Atributos que indicam a relação entre atributos já presentes na base de dados são

desconsiderados neste trabalho, pois podem ser calculados. Atributos que não são relevantes para a classificação de solos também foram ignorados, mas podem ser facilmente incluídos para outros tipos de aplicações e para armazenamento mais completo de dados.

3.4. Outros dados importantes para a classificação de solos

Há um conjunto de atributos de solo que normalmente não são armazenados em bases de dados em campos específicos. Estes dados são simplesmente ignorados ou podem estar em campos mais genéricos do tipo texto ou ainda implícitos em outros atributos, dificultando assim o seu processamento. A inclusão desses atributos, conforme a Figura 24, portanto, facilita o processamento dos dados de solos e torna explícitas informações importantes para a classificação de solos. Para nenhum destes, há campo equivalente na Tabela 2.

```
"RETRATIL": {
  "description": "É retrátil",
  "type": "boolean"
},
"FLUVICO": {
  "description": "É flúvico",
  "type": "boolean"
},
"SOMBRICO": {
  "description": "É sômbrico",
  "type": "boolean"
},
"REDOXICO": {
  "description": "É redóxico",
  "type": "boolean"
},
"MATERIAIS_PRIMARIOS": {
  "description": "Indica presença de materiais primários alteráveis",
  "type": "boolean"
},
"ATIVIDADES_HUMANAS": {
  "description": "Indica presença de atividades humanas",
  "type": "boolean"
},
"PLACICO_TOPO": {
  "description": "Indica ocorrência de horizonte plácico no topo do horizonte",
  "type": "boolean"
}
"MANGANES": {
  "description": "Presença de manganês segundo efervescência produzida pela
    adição de água oxigenada",
  "enum": [ "ausente", "ligeiro", "forte", "muito forte" ]
},
```

Figura 24. Atributos importantes para a classificação de solos

Exemplo de uso:

```
"RETRATIL": false,  
"FLUVICO": true,  
"SOMBRICO": false,  
"REDOXICO": false,  
"MATERIAIS_PRIMARIOS": true,  
"ATIVIDADES_HUMANAS": true,  
"PLACICO_TOPO": false,  
"MANGANES": "forte",
```

4. Conclusões

A representação proposta torna mais simples a manipulação computacional dos dados de solos e a comunicação entre programas de computador, garante maior qualidade dos dados armazenados e facilita a criação de novas soluções baseadas nos dados de solos brasileiros. No entanto, uma representação de dados somente faz sentido à medida que diferentes instituições cheguem a um acordo sobre sua utilização e a tornem um padrão. Este documento pode auxiliar no estabelecimento deste padrão para a representação de dados de solos do Brasil, mais especificamente aqueles relacionados à classificação de solos.

5. Referências Bibliográficas

DEMIRKAN, H.; SPOHRER, J. C.; WELSER, J. J. Digital innovation and strategic transformation. **IT Professional**, v. 18, n. 6, p. 14-18, Nov./Dec. 2016. DOI: 10.1109/MITP.2016.115.

EMBRAPA. **Sistema de informação de solos brasileiros**. Disponível em: <<https://www.sisolos.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

FAO. **Global soil partnership**. Disponível em: <www.fao.org/global-soil-partnership>. Acesso em: 14 mai. 2021.

IBGE. **BDiA**: Banco de Dados de Informações Ambientais. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 mai. 2021.

IBGE. **Lista de atributos das tabelas**: tema: Pedologia. [2017]. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/vetores/escala_250_mil/versao_2017/pedo_atributos.pdf>. Acesso em: 14 mai 2021.

IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**: guia prático de campo. Rio de Janeiro, 2015.

INTRODUCING JSON. [1999]. Disponível em: <<https://www.json.org>>. Acesso em 30 mar. 2021.

JSON Schema. 2021. Disponível em: <<https://json-schema.org/>>. Acesso em 30 mar. 2021.

MUNSELL, A. H. **Munsell soil color charts**. 1994. New Windsor, 1994. 1v. 1994 revised edition.

POLIDORO, J. C.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A. de; MOTTA, P. E. F. da; CARVALHO JUNIOR, W. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; CURCIO, G. R.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. de S.; SPERA, S. T.; OLIVEIRA, S. R. de M.; BOLFE, E. L.; MANZATTO, C. V.; TOSTO, S. G.; VENTURIERI, A.; SA, I. B.; OLIVEIRA, V. A. de; SHINZATO, E.; ANJOS, L. H. C. dos; VALLADARES, G. S.; RIBEIRO, J. L.; MEDEIROS, P. S. C. de; MOREIRA, F. M. de S.; SILVA, L. S. L.; SEQUINATTO, L.; AGLIO, M. L. D.; DART, R. de O.

Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 53 p. (Embrapa Solos. Documentos, 183). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1054924/1/Doc183ProgramaNacionaldeSolosdoBrasil.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

SAMUEL-ROSA, A.; DALMOLIN, R. S. D.; GUBIANI, P. I.; OLIVEIRA, S. R. de M.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M.; RIBEIRO, E.; TORNQUIST, C. G.; ANJOS, L. H. C. dos; SOUZA, J. J. E. L. de; OTTONI, M. V.; MEDEIROS, P. S. C. de; GRIS, D. J.; ROSIN, N. A.; BUENO, J. M. M.; SANTOS, H. G. dos; WEBER, E. J.; FLORES, C. A.; COSTA, E. M.; OLIVEIRA, R. P. de; FILIPPINI ALBA, J. M.; PEDROSO NETO, J. C.; PEDRON, F. de A.; CAVIGLIONE, J. H.; VALLADARES, G. S.; MIRANDA, C. S. S.; DEMATTÊ, J. A. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; SIQUEIRA, D. S.; AQUINO, R. E. de; SILVERO, N. E. Q.; GENÚ, A. M.; BROETTO, T.; CANCIAN, L. C.; MIGUEL, P.; ZALAMENA, J.; DOTTO, A. C.; ALMEIDA, J. A. de; REICHERT, CURCIO, G. R.; COLLIER, L. S.; CARVALHO JUNIOR, W. de; FONTANA, A.; OLIVEIRA, A. P. de; VOGELMANN, E. S.; MALLMANN, F. J. K.; VASQUES, G. de M.; LEPSCH, I. F.; FINK, J. R.; KER, J. C.; SILVA, L. S. da; FREITAS, P. L. de; BIELUCZYK, B.; TIECHER, T. Bringing together Brazilian soil scientists to share soil data. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 21., 2018, Rio de Janeiro. **Soil science**: beyond food and fuel: abstracts. Viçosa, MG: SBCS, 2018. Não paginado. WCSS 2018.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 7. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p. il. color.

VAZ, G. J.; SILVA NETO, L. de F. da; LIMA, R. N.; OLIVEIRA, S. R. de M. Uma API para a classificação de solos do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 12., 2019, Indaiatuba. **Anais...** Ponta Grossa: SBIAGRO, 2019. p. 63-72. Organizadores: Maria Fernanda Moura, Jayme Garcia Arnal Barbedo, Alaine Margarete Guimarães, Valter Castelhana de Oliveira. SBIAGRO 2019. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1125720/1/PC-API-solos-SBIAGRO-2019.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

WRIGHT, A; ANDREWS, H; HUTTON, B; DENNIS, G. **JSON Schema**: a media type for describing JSON Documents: draft-handrews-json-schema-02. 2019. Disponível em: <<https://json-schema.org/draft/2019-09/json-schema-core.html>> Acesso em: 9 out. 2020.

Anexo 1 - JSON Schema completo da proposta

```
{
  "$schema": "http://json-schema.org/draft-07/schema#",
  "$id": "http://embrapa.br/schemas/soil_profile.json",
  "title": "Schema for brazilian soil data",
  "description": "Data standard for brazilian soil data",

  "definitions": {

    "perfil": {
      "type": "object",
      "properties": {
        "ID_PERFIL": {
          "description": "Identificador do perfil",
          "type": "string"
        },
        "ORDEM": {
          "description": "Classe 1o nível",
          "type": "string"
        },
        "SUBORDEM": {
          "description": "Classe 2o nível",
          "type": "string"
        },
        "GDE_GRUPO": {
          "description": "Classe 3o nível",
          "type": "string"
        },
        "SUBGRUPO": {
          "description": "Classe 4o nível",
          "type": "string"
        },
        "DRENAGEM": {
          "description": "Velocidade em que a água é removida do solo",
          "enum": [ "excessivamente drenado", "fortemente drenado", "acentuadamente drenado", "bem drenado", "moderadamente drenado", "imperfeitamente drenado", "mal drenado", "muito mal drenado" ]
        },
        "HORIZONTES": {
          "description": "Lista de horizontes",
          "type": "array",
          "items": {
            "$ref": "#/definitions/horizonte"
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

```

    }
  }
},

"limite": {
  "type": "object",
  "properties": {
    "LIMITE": {
      "description": "Limite do horizonte",
      "type": "integer"
    },
    "LIMITE_MIN": {
      "description": "Limite mínimo do horizonte , em caso de transição
não uniforme",
      "type": "integer"
    },
    "LIMITE_MAX": {
      "description": "Limite máximo do horizonte, em caso de transição
não uniforme",
      "type": "integer"
    }
  },
  "required": ["LIMITE"]
},

"cor": {
  "type": "object",
  "properties": {
    "MATIZ": {
      "description": "Matiz da cor",
      "type": "string"
    },
    "CROMA": {
      "description": "Croma da cor",
      "type": "number",
      "minimum": 0,
      "maximum": 20
    },
    "VALOR": {
      "description": "Valor da cor",
      "type": "number",
      "minimum": 0,
      "maximum": 10
    }
  },
  "required": ["MATIZ", "CROMA", "VALOR"]
},

```

```

"mosqueado": {
  "type": "object",
  "properties": {
    "COR": {
      "description": "Cor do mosqueado",
      "$ref": "#/definitions/cor"
    },
    "QUANTIDADE": {
      "description": "Quantidade de mosqueado",
      "enum": [ "pouco", "comum", "abundante" ]
    },
    "TAMANHO": {
      "description": "Tamanho das manchas no mosqueado",
      "enum": [ "pequeno", "medio", "grande" ]
    },
    "CONTRASTE": {
      "description": "Contraste de cores das manchas em relação ao
fundo",
      "enum": [ "difuso", "distinto", "proeminente" ]
    }
  },
  "required": ["COR"]
},

"estrutura": {
  "type": "object",
  "properties": {
    "TIPO": {
      "description": "Tipo, ou forma, da estrutura",
      "enum": [ "granular", "grumoso", "blocos angulares", "blocos
subangulares", "laminar", "colunar", "prismatico", "cuneiforme", "parale-
lepipedico", "prismatico composto de", "graos simples", "macico" ]
    },
    "GRAU": {
      "description": "Grau de desenvolvimento da estrutura",
      "enum": [ "ausente", "fraco", "moderado", "forte" ]
    },
    "TAMANHO": {
      "description": "Tamanho da estrutura",
      "enum": [ "ausente", "muito pequeno", "pequeno", "medio",
"grande", "muito grande", "extremamente grande" ]
    },
    "OBSERVACOES": {
      "description": "Observações sobre a estrutura",
      "type": "string"
    }
  },
  "required": [ "TIPO" ]
}

```

```

    },

    "consistencia": {
      "type": "object",
      "properties": {
        "SECO": {
          "description": "Consistência do solo seco",
          "enum": [ "solto", "macio", "ligeiramente duro", "duro", "muito
duro", "extremamente duro" ]
        },
        "UMIDO": {
          "description": "Consistência do solo úmido",
          "enum": [ "solto", "muito friavel", "friavel", "firme", "muito
firme", "extremamente firme" ]
        },
        "PLASTICIDADE": {
          "description": "Plasticidade do solo quando molhado. Proprieda-
de de mudar de forma",
          "enum": [ "nao plastico", "ligeiramente plastico", "plastico",
"muito plastico" ]
        },
        "PEGAJOSIDADE": {
          "description": "Pegajosidade do solo quando molhado. Proprieda-
de de aderir a outros objetos",
          "enum": [ "nao pegajoso", "ligeiramente pegajoso", "pegajoso",
"muito pegajoso" ]
        }
      }
    },

    "raiz": {
      "type": "object",
      "properties": {
        "TAMANHO": {
          "description": "Tamanho das raízes",
          "enum": [ "ausente", "muito fino", "fino", "medio", "grosso", "mui-
to grosso" ]
        },
        "QUANTIDADE": {
          "description": "Quantidade de raízes",
          "enum": [ "ausente", "raro", "pouco", "comum", "abundante" ]
        },
        "OBSERVACOES": {
          "description": "Observações sobre as raízes do horizonte",
          "type": "string"
        }
      }
    }
  },

```

```

"lamela":{
  "type": "object",
  "properties": {

    "LIMITE_SUP": {
      "description": "Limite superior do horizonte",
      "$ref": "#/definitions/limite"
    },
    "LIMITE_INF": {
      "description": "Limite inferior do horizonte",
      "$ref": "#/definitions/limite"
    },
    "TEXTURA_CAMPO": {
      "description": "Textura do solo avaliada no campo",
      "enum": [ "areia", "areia franca", "franco-arenoso", "fran-
co", "franco-argiloarenoso", "franco-argilossiltoso", "franco-argiloso",
"franco-siltoso", "argila", "argiloarenoso", "argilossiltoso", "silte",
"muito argiloso", "organico", "organico fibroso", "indiscriminado" ]
    }
  }
},

"superficie_compressao": {
  "type": "object",
  "properties": {
    "TIPO": {
      "description": "Tipo de superfície de compressão",
      "enum": [ "ausente", "fosco", "brilhante" ]
    },
    "QUANTIDADE": {
      "description": "Quantidade de superfície de compressão",
      "enum": [ "ausente", "pouco", "comum", "abundante" ]
    },
    "GRAU": {
      "description": "Grau de superfície de compressão ",
      "enum": [ "ausente", "fraco", "moderado", "forte" ]
    }
  }
},

"horizonte": {
  "type": "object",
  "required": ["SIMBOLO_HORIZONTE"],
  "properties": {

    "SIMBOLO_HORIZONTE_CAMPO": {
      "description": "Identificação do horizonte no campo",
      "type": "string"
    }
  }
}

```

```

    },
    "SIMBOLO_HORIZONTE": {
      "description": "Identificação do horizonte após análises labora-
toriais",
      "type": "string"
    },

    "LIMITE_SUP": {
      "description": "Limite superior do horizonte",
      "$ref": "#/definitions/limite"
    },
    "LIMITE_INF": {
      "description": "Limite inferior do horizonte",
      "$ref": "#/definitions/limite"
    },

    "COR_UMIDA": {
      "description": "Cor da amostra de solo úmida",
      "$ref": "#/definitions/cor"
    },
    "COR_UMIDA_AMASSADA": {
      "description": "Cor da amostra de solo úmida e amassada",
      "$ref": "#/definitions/cor"
    },
    "COR_SECA": {
      "description": "Cor da amostra de solo seca",
      "$ref": "#/definitions/cor"
    },
    "COR_SECA_TRITURADA": {
      "description": "Cor da amostra de solo seca e triturada",
      "$ref": "#/definitions/cor"
    },

    "MOSQUEADOS": {
      "description": "Lista de mosqueados ou variegados",
      "type": "array",
      "items": {
        "$ref": "#/definitions/mosqueado"
      }
    },

    "TEXTURA_CAMPO": {
      "description": "Textura do solo avaliada no campo",
      "enum": [ "areia", "areia franca", "franco-arenoso", "fran-
co", "franco-argiloarenoso", "franco-argilossiltoso", "franco-argiloso",
"franco-siltoso", "argila", "argiloarenoso", "argilossiltoso", "silte",
"muito argiloso", "organico", "organico fibroso", "indiscriminado" ]
    },

```

```
"CASCALHO_CAMPO": {
  "description": "Quantidade de cascalho avaliada no campo",
  "enum": [ "ausente", "pouco cascalhento", "cascalhento", "muito
cascalhento" ]
},

"ESTRUTURAS": {
  "description": "Lista de estruturas",
  "type": "array",
  "items": {
    "$ref": "#/definitions/estrutura"
  }
},

"CEROSIDADE_GRAU": {
  "description": "Grau de desenvolvimento da cerosidade, conforme
o contraste com as partes sem cerosidade e facilidade de identificação",
  "enum": [ "ausente", "fraco", "moderado", "forte" ]
},

"CEROSIDADE_QUANTIDADE": {
  "description": "Quantidade de cerosidade",
  "enum": [ "ausente", "pouco", "comum", "abundante" ]
},

"COESAO": {
  "description": "Característica de resistência do solo à pene-
tração de instrumentos, organização estrutural e consistência",
  "enum": [ "ausente", "moderadamente coeso", "fortemente coeso" ]
},

"CONSISTENCIA": {
  "description": "Consistência do solo quando está seco, úmido ou
molhado",
  "$ref": "#/definitions/consistencia"
},

"RAIZES": {
  "description": "Lista de raízes",
  "type": "array",
  "items": {
    "$ref": "#/definitions/raiz"
  }
},

"LAMELAS": {
  "description": "Lista de lamelas",
  "type": "array",
  "items": {
```



```

        "$ref": "#/definitions/lamela"
    }
},

"POROSIDADE_TAMANHO": {
    "description": "Tamanho dos poros visíveis",
    "enum": [ "ausente", "muito pequeno", "pequeno", "medio",
"grande", "muito grande" ]
},

"POROSIDADE_QUANTIDADE": {
    "description": "Quantidade dos poros visíveis",
    "enum": [ "ausente", "pouco", "comum", "abundante" ]
},

"TRANSICAO_GRAU": {
    "description": "Grau, ou nitidez, da transição entre este hori-
zonte e o subjacente",
    "enum": [ "abrupto", "claro", "gradual", "difuso" ]
},

"TRANSICAO_FORMA": {
    "description": "Forma, ou topografia, da transição entre este
horizonte e o subjacente",
    "enum": [ "plano", "ondulado", "irregular", "descontínuo" ]
},

"SUPERFICIE_COMPRESSAO": {
    "description": "Presença de superfícies de compressão",
    "$ref": "#/definitions/superficie_compressao"
},

"SUPERFICIE_FRICCAO": {
    "description": "Presença de superfície de fricção (slickensi-
de)",
    "type": "boolean"
},

"CALHAU": {
    "description": "Proporção de calhau",
    "type": "integer",
    "minimum": 0,
    "maximum": 1000
},

"CASCALHO": {
    "description": "Proporção de cascalho",
    "type": "integer",
    "minimum": 0,
    "maximum": 1000
},

```

```
"TERRA_FINA": {
  "description": "Proporção de terra fina",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},

"AREIA_GROSSA": {
  "description": "Fração de areia grossa",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},

"AREIA_FINA": {
  "description": "Fração de areia fina",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},

"SILTE": {
  "description": "Fração de silte",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},

"ARGILA": {
  "description": "Fração de argila",
  "type": "integer",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},

"PH_AGUA": {
  "description": "pH em água",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 14
},

"PH_KCL": {
  "description": "pH em KCl",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 14
},

"CA_TROC": {
  "description": "Cálcio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
}
```

```
,
"MG_TROC": {
  "description": "Magnésio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"K_TROC": {
  "description": "Potássio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"NA_TROC": {
  "description": "Sódio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"AL_TROC": {
  "description": "Alumínio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"H_TROC": {
  "description": "Hidrogênio trocável em cmol/Kg",
  "type": "number"
},
"P_ASSIM": {
  "description": "Fósforo assimilável em mg/Kg",
  "type": "integer"
},
"C_ORG": {
  "description": "Teor de carbono orgânico em g/Kg",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},
"EQUI_CACO3": {
  "description": "Equivalente de carbonato de cálcio em g/Kg",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},
"COND_ELETR": {
  "description": "Condutividade elétrica",
  "type": "number"
},
"TEOR_FE": {
  "description": "Teor de Ferro em g/Kg",
  "type": "number",
  "minimum": 0,
  "maximum": 1000
},
```

```

    "RETRATIL": {
      "description": "É retrátil",
      "type": "boolean"
    },
    "FLUVICO": {
      "description": "É flúvico",
      "type": "boolean"
    },
    "SOMBRICO": {
      "description": "É sômbrico",
      "type": "boolean"
    },
    "REDOXICO": {
      "description": "É redóxico",
      "type": "boolean"
    },
    "MATERIAIS_PRIMARIOS": {
      "description": "Indica presença de materiais primários alterá-
veis",
      "type": "boolean"
    },
    "ATIVIDADES_HUMANAS": {
      "description": "Indica presença de atividades humanas",
      "type": "boolean"
    },
    "PLACICO_TOPO": {
      "description": "Indica ocorrência de horizonte plácico no topo
do horizonte",
      "type": "boolean"
    },
    "MANGANES": {
      "description": "Presença de manganês segundo efervescência pro-
duzida pela adição de água oxigenada",
      "enum": [ "ausente", "ligeiro", "forte", "muito forte" ]
    }
  }
},
"properties": {
  "PERFIS": {
    "description": "Lista de perfis",
    "type": "array",
    "items": {
      "$ref": "#/definitions/perfil"
    }
  }
}
}

```

Anexo 2 - Exemplo de arquivo JSON com um perfil de solo hipotético

```
{
  "PERFIS": [
    {
      "ID_PERFIL": "Id 000001",

      "ORDEM": "LATOSSOLO",
      "SUBORDEM": "AMARELO",
      "GDE_GRUPO": "Distrófico",
      "SUBGRUPO": "húmico",

      "DRENAGEM": "bem drenado",

      "HORIZONTES": [
        {

          "SIMBOLO_HORIZONTE_CAMPO": "Bt",
          "SIMBOLO_HORIZONTE": "Bt",

          "LIMITE_SUP": {
            "LIMITE": 0
          },
          "LIMITE_INF": {
            "LIMITE": 10,
            "LIMITE_MIN": 8,
            "LIMITE_MAX": 15
          },

          "COR_UMIDA": {
            "MATIZ": "5YR",
            "VALOR": 3,
            "CROMA": 3
          },
          "COR_UMIDA_AMASSADA": {
            "MATIZ": "5YR",
            "VALOR": 3,
            "CROMA": 2
          },
          "COR_SECA": {
            "MATIZ": "5YR",
            "VALOR": 4,
            "CROMA": 2
          },
          "COR_SECA_TRITURADA": {
            "MATIZ": "7.5YR",
            "VALOR": 4,
```

```
"CROMA": 4
},

"MOSQUEADOS": [
  {
    "COR": {
      "MATIZ": "5YR",
      "VALOR": 4,
      "CROMA": 4
    },
    "QUANTIDADE": "comum",
    "TAMANHO": "pequeno",
    "CONTRASTE": "proeminente"
  },

  {
    "COR": {
      "MATIZ": "7.5YR",
      "VALOR": 5,
      "CROMA": 6
    },
    "QUANTIDADE": "comum",
    "TAMANHO": "medio",
    "CONTRASTE": "distinto"
  }
],

"TEXTURA_CAMPO": "areia",
"CASCALHO_CAMPO": "ausente",

"ESTRUTURAS": [{
  "TIPO": "prismatico composto de",
  "GRAU": "moderado",
  "TAMANHO": "grande",
  "OBSERVACOES": ""
},
{
  "TIPO": "blocos angulares",
  "GRAU": "moderado",
  "TAMANHO": "pequeno",
  "OBSERVACOES": ""
}
],

"CEROSIDADE_GRAU": "fraco",
"CEROSIDADE_QUANTIDADE": "pouco",

"COESAO": "moderadamente coeso",
```

```
"CONSISTENCIA": {
  "UMIDO": "firme",
  "PLASTICIDADE": "plastico",
  "PEGAJOSIDADE": "pegajoso"
},

"RAIZES": [
  {
    "TAMANHO": "muito grosso",
    "QUANTIDADE": "abundante",
    "OBSERVACOES": ""
  }
],

"LAMELAS": [
  {
    "LIMITE_SUP": {
      "LIMITE": 53
    },
    "LIMITE_INF": {
      "LIMITE": 60
    },
    "TEXTURA_CAMPO": "franco-arenoso"
  }
],

"POROSIDADE_TAMANHO": "ausente",
"PROSIDADE_QUANTIDADE": "ausente",

"TRANSICAO_GRAU": "claro",
"TRANSICAO_FORMA": "plano",

"SUPERFICIE_COMPRESSAO": {
  "TIPO": "brilhante",
  "QUANTIDADE": "comum",
  "GRAU": "moderado"
},
"SUPERFICIE_FRICCAO": true,

"CALHAU": 200,
"CASCALHO": 160,
"TERRA_FINA": 640,

"AREIA_GROSSA": 450,
"AREIA_FINA": 170,
"SILTE": 70,
"ARGILA": 310,
```

```
    "PH_AGUA": 4.6,  
    "PH_KCL": 4.1,  
  
    "CA_TROC": 13.6,  
    "MG_TROC": 2.2,  
    "K_TROC": 0.23,  
    "NA_TROC": 0.05,  
    "AL_TROC": 0,  
    "H_TROC": 8.6,  
  
    "P_ASSIM": 15,  
    "C_ORG": 28.7,  
    "EQUI_CACO3": 25,  
    "COND_ELETR": 4.8,  
    "TEOR_FE": 220,  
  
    "RETRATIL": false,  
    "FLUVICO": true,  
    "SOMBRICO": false,  
    "REDOXICO": false,  
    "MATERIAIS_PRIMARIOS": true,  
    "ATIVIDADES_HUMANAS": true,  
    "PLACICO_TOPO": false,  
  
    "MANGANES": "forte"  
  }  
]  
}  
]
```


Anexo 3 - Código em Python de programa que checa a validade do perfil de solo

```
import json
import argparse
from jsonschema import validate

# Exemplo de uso: python3 teste.py -j soil_profile.json -s schema.json

## ----- Main -----
ap = argparse.ArgumentParser()
ap.add_argument("-j", "--json", required = True,
                help = "JSON file to be validated")
ap.add_argument("-s", "--schema", required = False,
                help = "JSON file with the JSON Schema")
args = vars(ap.parse_args())

json_path = args["json"]
print(json_path)
schema_path = args["schema"]
print(schema_path)

with open(json_path, "r") as json_file:
    print("json_data")
    json_data = json.load(json_file)
print(json_data)

with open(schema_path, "r") as schema_file:
    print("json_schema")
    json_schema = json.load(schema_file)
print(json_schema)

# Validate causa exceção se o arquivo json não tem o formato descrito no
schema
validate(instance=json_data, schema=json_schema)

print("*****OK*****")
```

